

---

*Estratto*

# Estratto da un prodotto in vendita su **ShopWKL**, il negozio online di Wolters Kluwer Italia

Vai alla scheda →

---

Wolters Kluwer opera nel mercato dell'editoria professionale, del software, della formazione e dei servizi con i marchi: IPSOA, CEDAM, Altalex, UTET Giuridica, il fisco.



Wolters Kluwer

# CAPITOLO 1

## IL FENOMENO DELL'ESPLOSIONE NELL'INDUSTRIA

**SOMMARIO:** **1.1** Le esplosioni nel luogo di lavoro – **1.2** Le esplosioni delle polveri combustibili – **1.3** Le esplosioni di gas, vapori e nebbie infiammabili – **1.4** Asfissia e prevenzione dell'ATEX – **1.5** Case History – **1.6** L'incidente di Flixborough e il nuovo approccio alla sicurezza nell'industria di processo – **1.7** Conclusioni

**ABSTRACT:** *Nel Capitolo vengono descritte le principali statistiche connesse al fenomeno dell'esplosione accidentale nell'industria. Sono altresì riportati alcuni gravi ed emblematici incidenti accaduti nel recente passato, per contestualizzare l'importanza della valutazione del rischio di esplosione e l'individuazione delle misure di prevenzione e protezione.*

«Il giorno 14 di Dicembre 1785, circa alle sei di sera, dal Signor Giacomelli, Mastro Panettiere di questa città, vicino alla chiesa dello Spirito Santo, si verificò un'esplosione che abbatté i telai e i vetri della sua bottega che davano sulla strada: il rumore fu forte come quello di un grosso petardo e si fece sentire ad una distanza considerevole. Al momento dell'esplosione fu vista nella bottega una fiammata molto viva che durò soltanto pochi secondi. Si riconobbe subito che la fiammata era partita dal retrobottega, dove si trovava il garzone che rimescolava della farina alla luce di una lampada. Il garzone ne ebbe il viso e le braccia scottate, i suoi capelli furono bruciati e gli ci vollero più di 15 giorni per guarire dalle bruciature. Egli non fu l'unica vittima di questo evento.»

Conte Carlo Ludovico Morozzo di Bianzé  
Perito incaricato dalla Reale Accademia delle Scienze di Torino<sup>1</sup>

Nella maggioranza dei siti manifatturieri la presenza di sostanze infiammabili e/o polveri combustibili è dovuta a precise ragioni tecniche legate ad esigenze produttive. I cicli industriali, infatti, oltre al prodotto finito, ottenuto a partire da materie prime o intermedie, generano anche sostanze di rifiuto in forma liquida, gassosa o solida polverulenta. In tutta l'articolazione del ciclo di fabbricazione è quindi possibile la creazione di miscele infiammabili che necessitano di procedure specifiche e impianti di trattamento dedicati. Tali problematiche risultano presenti in molte filiere di produzione, sia con rischi di tipo convenzionale sia con possibilità di incidente rilevante.

L'esistenza di sostanze pericolose in un processo industriale viene associata almeno a tre scenari di incidente con effetti sulla sicurezza dei lavoratori:

- incendio;
- esplosione;
- rilasci tossici.

<sup>1</sup> Morozzo di Bianzé, Carlo Ludovico, *Relazione su una Violenta Detonazione*, Politecnico di Torino Editore, Torino, 1996.

La prevalenza di un incidente rispetto ad un altro è funzione sia del tipo di ciclo produttivo realizzato sia della quantità di sostanze coinvolte nel possibile scenario. Per esempio, l'industria chimica di processo può risultare soggetta a tutte e tre le tipologie di incidente secondo le modalità indicate in Tabella 1.1.

**Tabella 1.1 - Tre tipi di incidente nell'industria chimica**

| TIPO DI INCIDENTE | PROBABILITÀ TIPICA DI ACCADIMENTO | DANNO CONNESSO ALLA SICUREZZA DEI LAVORATORI | POTENZIALE DI PERDITA ECONOMICA |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Incendio          | Alta                              | Basso                                        | Medio                           |
| Esplosione        | Media                             | Medio                                        | Alto                            |
| Rilascio tossico  | Bassa                             | Alto                                         | Basso                           |

Fonte: Crowl *et al.*, 2002

Si rileva altresì che, nella maggioranza delle aziende “non chimiche” a rischio convenzionale (es. metalmeccanica, legno, alimentare), la possibilità di un rilascio tossico risulta limitata<sup>2</sup>.

### 1.1 LE ESPLOSIONI NEL LUOGO DI LAVORO

La maggioranza delle esplosioni che hanno luogo nelle filiere industriali del territorio nazionale risultano raramente estese a parti rilevanti di stabilimento, pur con eccezioni significative. Tuttavia, vista la frequente presenza di personale dipendente operante a ridosso del fronte di fiamma eventualmente generato, gli effetti del fenomeno non sono per questo meno significativi. Lesioni gravissime si possono generare, oltre che da esplosioni che rilascino grandi quantità di energia, anche da Flash Fire originati da semplici operazioni di travaso di liquidi infiammabili o polveri combustibili<sup>3</sup>.

I casi di esplosione più severi determinano, oltre a danni alle persone, anche perdite economiche particolarmente importanti causate da lesioni e/o cedimenti strutturali di impianti, attrezzature e luoghi di lavoro. Tali danni sono provocati dalle sovrappressioni generate dall'esplosione, dal passaggio del fronte di fiamma oppure dalla proiezione di frammenti. Descrizioni approfondite di esplosioni avvenute negli ultimi 30 anni in Occidente (Italia, Europa, Stati Uniti) sono presenti nei seguenti database di libero accesso:

- database INFOR.MO dell'INAIL nel quale è presente una raccolta qualitativa dei casi di infortunio contenuti nell'archivio del sistema di sorveglianza degli infortuni mortali, tra i quali è selezionabile come causa prima l'esplosione ([https://appsricercascientifica.inail.it/getinf/informo/home\\_informo.asp](https://appsricercascientifica.inail.it/getinf/informo/home_informo.asp), ultima consultazione il 3/6/2017);
- database ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) del Ministero

<sup>2</sup> È tuttavia possibile che incendi di vaste dimensioni che coinvolgano, in particolare, materiali plastici, possano causare rilevanti impatti interni ed esterni (anche psicologici).

Per esempio, si consulti la relazione tecnica elaborata dall'ARPA, realizzata in conseguenza ad un incendio di vaste dimensioni che ha coinvolto una grande azienda di elettrodomestici: [http://www.arpa.veneto.it/arpav/chie-arpav/file-e-allegati/rischio-industriale/Relazione\\_tecnica\\_DeLonghi\\_24-04-2007.pdf](http://www.arpa.veneto.it/arpav/chie-arpav/file-e-allegati/rischio-industriale/Relazione_tecnica_DeLonghi_24-04-2007.pdf).

<sup>3</sup> A questo proposito si rileva che l'art. 294-bis, D.Lgs. n. 81/2008 prevede che una formazione particolare venga erogata agli operatori addetti a tali tipologie di attività.

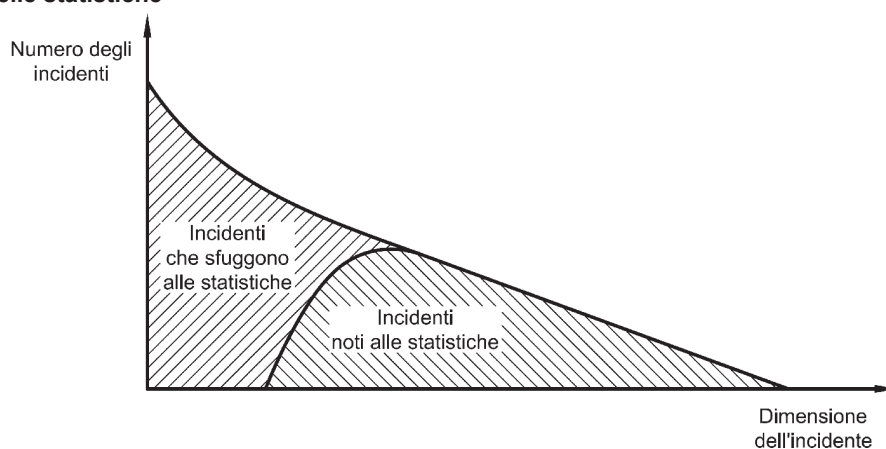
dell'Ambiente Francese nel quale sono raccolti report dettagliati di eventi incidentali avvenuti in Francia ed Europa in aziende a rischio di incidente rilevante (<https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en>, ultima consultazione il 3/6/2017);

- database MARS (Major Accidents Reporting System) che annota gli incidenti avvenuti in ambito europeo in aziende a rischio di incidente rilevante (<https://emars.jrc.ec.europa.eu/>, ultima consultazione il 3/6/2017);
- rapporti completi di indagini sviluppati dall'U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (<http://www.csb.gov/>, ultima consultazione il 3/6/2017).

Descrizioni e statistiche di incidente sono inoltre reperibili presso i database MHIDAS dell'HSE britannico e FACTS realizzato dal TNO olandese diffusamente utilizzati nell'ambito delle valutazioni di rischio in aziende soggette a Direttiva Seveso (cfr. D.Lgs. n. 105/2015).

L'estensione e l'accuratezza delle statistiche legate alle esplosioni e agli infortuni ad esse collegate è variabile e dipende dall'entità dell'incidente stesso. Mentre infatti è poco probabile che incidenti quali quelli avvenuti in ThyssenKrupp o in Umbria Olii passino inosservati, può accadere che eventi verificatisi senza causare danni rilevanti o infortuni non siano correttamente annotati, come rappresentato qualitativamente in Figura 1.1.

**Figura 1.1 - Indicazione qualitativa tra gli incidenti rilevabili e non rilevabili nelle statistiche**



Pur a fronte di tali difficoltà, si riporta un riepilogo delle principali esplosioni industriali avvenute nel trentennio 1971-2001 in Europa e negli Stati Uniti (vedi Tabella 1.2).

**Tabella 1.2 - Esempi illustrativi di esplosioni dovute a gas, vapori e polveri**

| ANNO | LUOGO           | SOSTANZE COINVOLTE   | IMPIANTO                 | MORTI (M)<br>FERITI (F) |
|------|-----------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1972 | Norvegia        | Polvere di alluminio | Miscelatori              | 5m/2f                   |
| 1974 | Flixborough, UK | Cicloesano           | Impianto di caprolattame | 28m/104f                |
| 1975 | Antwerp, Belgio | Etilene              | Impianto di polietilene  | 6m/13f                  |

(segue)

(segue da p. 3)

| ANNO | LUOGO                      | SOSTANZE COINVOLTE                 | IMPIANTO                         | MORTI (M)<br>FERITI (F) |
|------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1975 | Beek, Olanda               | Propilene                          | Impianto petrolchimico           | 14m/-                   |
| 1977 | Galvesto, TX, USA          | Polvere di cereali                 | Silos di cereali                 | 15m/-                   |
| 1977 | Westego, Louisiana, USA    | Polvere di cereali                 | Silos di cereali                 | 36m/10f                 |
| 1978 | Texas City, TX, USA        | LPG                                | Serbatoi di stoccaggio           | 7m/10f                  |
| 1981 | Corpus Christi, TX, USA    | Polvere di cereali                 | Elevatori a tazze                | 9m/30f                  |
| 1984 | Romeoville, IL, USA        | Propano                            | Colonne di assorbimento          | 15m/22f                 |
| 1985 | Priolo, Italia             | HCs                                | Produzione etilene               | 1m/2f                   |
| 1987 | Grange-Mouth, UK           | Idrogeno                           | Reattori di separazione          | -/-                     |
| 1988 | Norco, LA, USA             | C3HCs                              | Cracking catalitico              | 7m/28f                  |
| 1988 | Piper Alpha, Mare del Nord | Gas, petrolio                      | Piattaforma di estrazione        | 167m/-                  |
| 1989 | Antwerp, Belgio            | Ossido di etilene                  | Colonne di distillazione         | -/-                     |
| 1989 | Pasadena, TX, USA          | Isobutano                          | Impianto di polietilene          | 23m/103f                |
| 1993 | Monaco, Germania           | Perossidi                          | Raffinazione di perossidi        | 2m/-                    |
| 1997 | Blaye, Francia             | Polvere di cereali                 | Stoccaggio cereali               | 11m/-                   |
| 2001 | Tolosa, Francia            | Ammoniaca, fertilizzanti, metanolo | Produzione fertilizzanti chimici | 29m/2400f               |

Fonte: Abbasi *et al.*, 2006; Pekalski *et al.*, 2005

Esiste un primo aspetto importante che differenzia le esplosioni causate da gas e vapori infiammabili rispetto a quanto accade con le polveri combustibili. Infatti, se le esplosioni di gas e vapori avvengono prevalentemente come conseguenza del rilascio di tali sostanze non combuste nell'ambiente e nel loro successivo innesco, le esplosioni che coinvolgono le polveri combustibili hanno tipicamente origine dall'interno di un contenimento e, solo successivamente all'innesco, si propagano all'ambiente circostante (e alla parte rimanente dell'impianto). Pur se tali caratteristiche saranno approfondite in seguito, già fin d'ora si può quindi anticipare che le strategie di prevenzione e protezione contro il rischio di esplosione potranno differire a causa di questa prima, importante, constatazione.

Un secondo aspetto da sottolineare è collegato alla pericolosità *percepita* della sostanza infiammabile/combustibile. Mentre risulta evidente che sia i gas sia i vapori infiammabili hanno la potenzialità di causare un'esplosione, così non è per le polveri combustibili, la cui rischiosità esplosiva risulta spesso scarsamente considerata, soprattutto quando tali sostanze sono presenti ordinariamente negli ambienti di vita (es. zucchero, cereali, legno, ecc.).

Tra le più significative esplosioni industriali avvenute negli ultimi dieci anni nel nostro Paese si elencano le seguenti:

- anno 2006: Umbria Olii di Campello sul Clitunno (PG). Oleificio. Esplosione di serbatoi di stoccaggio olio che causa quattro morti;

- anno 2007: Molino Cordero a Fossano (CN). Mulino per cereali. Esplosione di silos di stoccaggio cereali che causa cinque morti;
- anno 2007: Acciaierie ThyssenKrupp a Torino. Produzione acciai speciali. Esplosione che avviene nel reparto trattamenti termici e che causa sette morti.

Questi accadimenti, pur essendo di assoluto rilievo sia per il carico di dolore che hanno causato sia per il loro risalto mediatico, non sono tuttavia realmente rappresentativi dell'insieme degli eventi incidentali causati da esplosioni nei luoghi di lavoro. A questo fine si riportano (Tabella 1.3) gli infortuni sul lavoro avvenuti nell'anno 2006 e indennizzati a tutto il 30/04/2008, analizzati dall'INAIL per *deviazione e agente materiale della deviazione*. Da tali dati emerge che gli infortuni attribuibili alla deviazione *elettricità, esplosione ed incendio* è causa di circa lo 0,4% degli infortuni nel settore industria e servizi.

Il fenomeno dell'esplosione manifesta, pertanto, una limitata frequenza di infortuni rispetto a tutte le altre ipotesi di incidente. Tuttavia, un'analisi approfondita sviluppata attraverso la banca dati interattiva dell'ISPESL-INAIL e basata su informazioni fornite dall'INAIL (anni 2000-2006) relative alle gestioni *Industria, Agricoltura e Conto Stato* (di cui si riporta un estratto in Allegato A) evidenzia che l'infortunio derivante da un evento esplosivo risulta statisticamente mortale una volta ogni (circa) 55 incidenti, secondo solo all'elettrocuzione (1 morto ogni 46 incidenti). Tale mortalità risulta molto più frequente della media complessiva degli infortuni, dato che risulta mortale, in media, un infortunio ogni (circa) 500.

L'esplosione è pertanto un evento infortunistico il quale, pur presentandosi con una limitata frequenza nei luoghi di lavoro, manifesta un'efficacia notevole nel determinare gravi lesioni ai lavoratori esposti.

Emerge inoltre che il settore delle *costruzioni di macchine* ed il settore delle *costruzioni e impianti* sono le attività INAIL del settore industria che espongono maggiormente i lavoratori al rischio infortunio derivante da un'esplosione.

## 1.2 LE ESPLOSIONI DELLE POLVERI COMBUSTIBILI

Nel settore delle esplosioni delle polveri combustibili, si rileva una discreta presenza di ricerche che hanno approfondito statisticamente il fenomeno (Stati Uniti, Germania e Gran Bretagna). Si ricorda, tuttavia, che questi studi riepilogano solo una piccola frazione di tutte le esplosioni dovute a polveri a causa, anche in questo caso, dell'assenza di un sistema centralizzato di raccolta ed analisi dei dati. In conseguenza di ciò gli indici di seguito riportati non potranno essere utilizzati per conclusioni generalizzate. Si presenta in Tabella 1.4 un riepilogo e confronto tra le principali statistiche dei materiali in polvere coinvolti nelle esplosioni.

La lettura complessiva fa emergere una situazione di particolare pericolosità nei settori del legno/carta ed alimentare. Il settore dei metalli (leghe leggere in particolare) risulta comunque presente con un discreto numero di eventi incidentali mentre l'ambito farmaceutico, pur possedendo un rischio potenziale significativo, palesa una ridotta presenza di accadimenti. Tale limitazione del fenomeno è dovuta alla presenza di misure di controllo tecnico ed organizzativo maggiormente sviluppate rispetto ad altre filiere di produzione.

Tabella 1.3 - Infortuni sul lavoro avvenuti nell'anno 2006 e indennizzati a tutto il 30 aprile 2008 per deviazione/agente materiale della deviazione. Settore industria e servizi

| AGENTE MATERIALE<br>DELLA DEVIAZIONE | DEVIAZIONE                                 |                   |            |                            |                         |              |                          |                                         | TOTALE |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|------------|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------|
|                                      | DA ELETTRICITÀ,<br>ESPLOSIONE,<br>INCENDIO | DA<br>FUORIUSCITA | DA ROTTURA | DA PERDITA<br>DI CONTROLLO | DA CADUTA<br>DI PERSONA | DA MOVIMENTI | DA SORPRESA,<br>VIOLENZA | Non<br>CODIFICATO<br>Non<br>DETERMINATO |        |
| Strutture edili<br>e superfici       | 526                                        | 1423              | 10032      | 8812                       | 79868                   | 33712        | 494                      | 1126                                    | 135993 |
| Dispositivi<br>di distribuzione      | 69                                         | 175               | 1250       | 1926                       | 314                     | 1544         | 2                        | 88                                      | 5388   |
| Motori                               | 303                                        | 110               | 882        | 1658                       | 229                     | 1277         | 3                        | 36                                      | 4498   |
| Utensili                             | 209                                        | 773               | 5156       | 32201                      | 1096                    | 9688         | 120                      | 605                                     | 49848  |
| Macchine<br>e attrezzature           | 125                                        | 275               | 1282       | 5110                       | 1056                    | 4043         | 33                       | 157                                     | 12081  |
| Dispositivi di<br>convogliamento     | 92                                         | 217               | 3636       | 10176                      | 2682                    | 9877         | 152                      | 214                                     | 27046  |
| Veicoli terrestri                    | 58                                         | 102               | 1935       | 75523                      | 8753                    | 10512        | 1895                     | 612                                     | 99390  |
| Altri veicoli                        | 14                                         | 16                | 126        | 667                        | 746                     | 618          | 35                       | 47                                      | 2269   |
| Materiali                            | 331                                        | 5300              | 22830      | 29203                      | 3335                    | 31806        | 235                      | 896                                     | 93936  |
| Sostanze                             | 120                                        | 3815              | 225        | 296                        | 346                     | 264          | 24                       | 99                                      | 5189   |
| Attrezzature<br>particolari          | 91                                         | 92                | 2372       | 2894                       | 1309                    | 5804         | 111                      | 114                                     | 12787  |
| Organismi viventi                    | 20                                         | 77                | 732        | 1109                       | 821                     | 6971         | 6739                     | 149                                     | 16618  |
| Rifiuti                              | 4                                          | 101               | 169        | 242                        | 103                     | 476          | 6                        | 26                                      | 1127   |
| Fenomeni fisici                      | 190                                        | 124               | 66         | 131                        | 245                     | 130          | 24                       | 66                                      | 976    |
| Non codificato<br>Non determinato    | 385                                        | 1112              | 5203       | 19270                      | 10520                   | 41148        | 2957                     | 19907                                   | 100502 |
| Totale                               | 2537                                       | 13712             | 55896      | 189218                     | 111423                  | 157870       | 12830                    | 24142                                   | 567628 |
| % sul totale                         | 0,4                                        | 2,4               | 9,8        | 33,3                       | 19,6                    | 27,8         | 2,3                      | 4,3                                     | 100    |

Fonte: Rapporto Annuale INAIL, 2007

**Tabella 1.4 - Materiali coinvolti nelle esplosioni di polveri**

| MATERIALI         | USA (1985-1995)<br>(FM GLOBAL) |     | UK (1979-1988)<br>(HSE) |     | GERMANIA (1965-1980)<br>(BECK, 1982) |     |
|-------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
|                   | NUMERO<br>DI INCIDENTI         | %   | NUMERO<br>DI INCIDENTI  | %   | NUMERO<br>DI INCIDENTI               | %   |
| Legno/Carta       | 56                             | 37  | 69                      | 23  | 120                                  | 34  |
| Carbone           | 27                             | 18  | 24                      | 8   | 33                                   | 9   |
| Metalli           | 19                             | 13  | 55                      | 18  | 47                                   | 13  |
| Plastica          | 8                              | 5   | 10                      | 3   | 46                                   | 13  |
| Alimentare        | ND*                            | ND* | 94                      | 31  | 88                                   | 25  |
| Farmaceutici      | ND*                            | ND* | 27                      | 9   | ND*                                  | ND* |
| Altro/sconosciuto | 4                              | 27  | 24                      | 8   | 23                                   | 6   |
| Totale            | 150                            | 100 | 303                     | 100 | 357                                  | 100 |

\*ND: Non disponibile  
Fonte: AICHE, 2005

D'altra parte, gli impianti di processo più frequentemente coinvolti in incidenti sono quelli indicati in Tabella 1.5. Le statistiche evidenziano che sia negli Stati Uniti che in Gran Bretagna le tipologie impiantistiche maggiormente soggette al rischio di esplosione sono rappresentate dai *sistemi di deposito e separazione* (filtri, elettrofiltri, cicloni, ecc.). Tale dato è spiegabile per almeno tre ragioni:

1. i sistemi di separazione sono diffusi in tutti settori industriali;
2. in essi si concentrano buona parte delle polveri sottili del processo. Polveri sottili che, possedendo basse energie di accensione, risultano facilmente incendiabili;
3. le forme geometriche tipiche nonché gli spessori ed i materiali con i quali sono realizzati costituiscono la parte dell'impianto più debole strutturalmente.

Tuttavia, mentre in USA sono i sistemi di separazione delle polveri gli impianti in cui si concentrano la maggioranza degli eventi, in Gran Bretagna la situazione si presenta più sfumata con una distribuzione statistica delle esplosioni uniforme (ad eccezione del caso relativo ai *Dust Mixer*). In Germania le statistiche riportano una situazione molto simile a quella inglese, con una prevalenza di esplosioni avvenute in silos e bunker. A questo si aggiunga che studi specifici condotti dall'NFPA sull'industria molitoria hanno individuato nell'elevatore a tazze il componente dell'impianto a maggior rischio di esplosione primaria.

**Tabella 1.5 - Apparecchi coinvolti nelle esplosioni di polveri**

| APPARECCHI                                         | USA (1985-1995)<br>(FM GLOBAL) |     | UK (1979-1988)<br>(HSE) |    | GERMANIA (1965-1980)<br>(BECK, 1982) |    |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|----|--------------------------------------|----|
|                                                    | NUMERO<br>DI INCIDENTI         | %   | NUMERO<br>DI INCIDENTI  | %  | NUMERO<br>DI INCIDENTI               | %  |
| Sistemi di deposito<br>e separazione delle polveri | 156                            | 42  | 55                      | 18 | 73                                   | 17 |
| Mulini                                             | 35                             | 9   | 51                      | 17 | 56                                   | 13 |
| Silos e bunker                                     | 27                             | 7   | 19                      | 6  | 86                                   | 20 |
| Sistemi di trasporto                               | 32                             | 9   | 33                      | 11 | 43                                   | 10 |
| Essiccatoi                                         | 22                             | 6   | 43                      | 14 | 34                                   | 8  |
| Miscelatori                                        | > 12                           | > 3 | 7                       | 2  | 20                                   | 5  |

(segue)

(segue da p. 7)

| APPARECCHI        | USA (1985-1995)<br>(FM GLOBAL) |     | UK (1979-1988)<br>(HSE) |     | GERMANIA (1965-1980)<br>(BECK, 1982) |     |
|-------------------|--------------------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
|                   | NUMERO<br>DI INCIDENTI         | %   | NUMERO<br>DI INCIDENTI  | %   | NUMERO<br>DI INCIDENTI               | %   |
| Altro/sconosciuto | 84                             | 23  | 95                      | 31  | 114                                  | 27  |
| Totale            | 372                            | 100 | 303                     | 100 | 426                                  | 100 |

Fonte: AICHE, 2005

In generale, un'esplosione primaria (e le relative esplosioni secondarie) causano con molta frequenza un successivo incendio che coinvolge la frazione significativa delle polveri che non hanno preso parte all'esplosione stessa. Questo fenomeno è presente in circa il 70% del totale dei casi di esplosione (Thornberg, 2001) ed avviene con maggiore frequenza nei processi con presenza di polveri organiche.

Concentriamo ora l'attenzione sul rischio infortunistico derivante dall'esplosione delle polveri. Le aziende maggiormente esposte da questo punto di vista risultano quelle appartenenti alla *filiera alimentare* nella quale si verificano circa il 32% dei decessi complessivi (Tabella 1.6), mentre più uniforme risulta la distribuzione dei feriti nei vari ambiti industriali (ad eccezione dell'industria del carbone e carta, che possiede presenze limitate di entrambi i fenomeni).

**Tabella 1.6 - Esplosioni da polvere nella Repubblica Federale Tedesca tra il 1965 ed il 1980**

| TIPO<br>DI ATTIVITÀ | ESPLOSIONI<br>(%) | MORTI |                   | FERITI |                   |
|---------------------|-------------------|-------|-------------------|--------|-------------------|
|                     |                   | %     | PER<br>ESPLOSIONE | %      | PER<br>ESPLOSIONE |
| Legno               | 31,6              | 11,7  | 0,11              | 25,0   | 1,10              |
| Alimentare          | 24,7              | 36,8  | 0,43              | 26,0   | 1,44              |
| Metalli             | 13,2              | 17,5  | 0,38              | 18,5   | 1,94              |
| Plastica            | 12,9              | 17,5  | 0,39              | 20,0   | 2,13              |
| Carbone             | 9,2               | 6,8   | 0,21              | 8,0    | 1,18              |
| Carta               | 2,0               | 0,0   | 0,0               | 0,0    | 0,0               |
| Altro               | 6,4               | 9,7   | 0,43              | 2,5    | 0,56              |

Fonte: Beck, 1982

Spostandoci ora agli eventi incidentali rapportati alla singola esplosione, emerge anche in questo caso l'elevata letalità delle esplosioni che avvengono nel settore alimentare, probabilmente a causa della violenza intrinseca del fenomeno in questo ambito. Si rileva, tuttavia, che il maggior numero di feriti per esplosione avviene nel settore della plastica e dei metalli.

Un ultimo particolare che riteniamo importante sottolineare è relativo alle sorgenti di accensione che con più frequenza innescano le ATEX dovute a polveri combustibili (Tabella 1.7). Si rileva la preponderanza delle *scintille meccaniche* nei casi dell'industria del legno, alimentare e metalli. Il *caricamento elettrostatico* contribuisce con una certa significatività alle esplosioni nel settore della plastica, mentre il carbone trova causa di innesco frequente nelle *combustioni senza fiamma*.

**Tabella 1.7 - Esplosioni da polveri nella Repubblica Federale Tedesca (1965-1985). Relazione tra le sorgenti di ignizione e tipologie industriali**

| TIPO DI FONTI<br>DI ACCENSIONE | ESPLOSIONI<br>TOTALI (%) | LEGNO<br>(%) | CARBONE<br>(%) | ALIMENTARE<br>(%) | PLASTICA<br>(%) | METALLI<br>(%) |
|--------------------------------|--------------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| Scintille meccaniche           | 26,2                     | 26,6         | 5,1            | 22,8              | 21,2            | 56,1           |
| Combustione senza<br>fiamma    | 11,3                     | 19,5         | 20,5           | 5,7               | 9,6             | 0,0            |
| Attrito meccanico              | 9,0                      | 9,4          | 5,1            | 12,4              | 9,6             | 3,5            |
| Scariche elettrostatiche       | 8,7                      | 2,3          | 0,0            | 6,7               | 34,6            | 5,3            |
| Incendio                       | 7,8                      | 14,8         | 12,8           | 4,8               | 2,0             | 2,0            |
| Autocombustione                | 4,9                      | 3,1          | 15,4           | 6,7               | 2,0             | 3,5            |
| Superfici calde                | 4,9                      | 5,5          | 10,3           | 2,8               | 3,9             | 3,5            |
| Lavori a fuoco                 | 4,9                      | 2,3          | 2,6            | 12,4              | 2,0             | 2,0            |
| Macchinari elettrici           | 2,8                      | 0,0          | 2,6            | 5,7               | 2,0             | 0,0            |
| Sconosciuto                    | 16,0                     | 16,5*        | 25,6*          | 20,0*             | 13,1*           | 24,1*          |
| Altro                          | 3,5                      | -            | -              | -                 | -               | -              |

\* Include "Altro"

Fonte: Jeske *et al.*, 1989

### 1.3 LE ESPLOSIONI DI GAS, VAPORI E NEBBIE INFIAMMABILI

Varie possono essere le sorgenti di accensione che determinano un'esplosione di gas e vapori infiammabili ma, anche in questo caso, i dati e la distribuzione delle sorgenti di innesco risultano studiate parzialmente. Un approfondimento che ha cercato di dettagliare le cause e gli effetti delle esplosioni è stato condotto dall'HSE<sup>4</sup> britannico attraverso uno studio prospettico che ha coperto un anno di incidenti avvenuti in Gran Bretagna nel periodo compreso tra l'aprile 1987 e il marzo 1988. Una prima serie di dati riepiloga gli eventi incidentali che hanno avuto origine all'interno degli impianti di processo (Tabella 1.8). Preliminarmente osserviamo che in tali impianti si rileva una presenza maggioritaria di eventi innescati da cause di cui non è stato possibile accertarne la natura. Un aspetto sicuramente degno di rilevanza è comunque rappresentato dal fatto che il totale degli infortuni è attribuibile a inneschi legati a *fiamme/lavori a fuoco* o *superfici calde*. Queste sorgenti di accensione risultano frequentemente attribuibili a lavori di manutenzione. Un deciso incremento degli infortuni si verifica nel caso di impianti ed attività con superfici aperte (Tabella 1.9).

Nel passaggio da operazioni su impianti chiusi a quelle ad impianti aperti si rileva un incremento del 60% degli incidenti (da 86 a 139 eventi). Tale aspetto è probabilmente attribuibile sia alla contemporaneità tra lo sviluppo dell'esplosione e la presenza nelle vicinanze del lavoratore (dovuta prevalentemente ad esigenze di processo e/o lavorazione) sia alla maggiore probabilità che, con impianti aperti, le ATEX contenute possano venire più facilmente in contatto con le sorgenti di accensione. Gli infortuni che avvengono con superfici aperte possiedono inoltre altre cause di innesco ulteriori oltre a quelle tipiche della manutenzione; l'elettricità, in questo senso, determina un totale di 29 incidenti con 4 infortuni significativi mentre l'assenza di divieto di fumo è alla base, complessivamente, di 17 incidenti con 8 infortuni.

<sup>4</sup> HSE è l'acronimo di Health and Safety Executive.

**Tabella 1.8 - Indagine su incendi ed esplosioni. Incidenti in impianti chiusi**

| <b>SORGENTI<br/>DI ACCENSIONE</b> | <b>IMPIANTI</b> | <b>REATTORI</b> | <b>RECIPIENTI A<br/>PRESSIONE</b> | <b>SERBATOI</b> | <b>SCAMBIATORI<br/>DI CALORE</b> | <b>VAPORIZZATORI</b> | <b>POMPE</b>  | <b>PIPING</b> | <b>TUBAZIONI<br/>FLESSIBILI</b> | <b>TOTALE</b> |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| Fiamme/Lavori a fuoco             | 3 (2)           |                 | 1 (1)                             | 1 (1)           |                                  | 2                    |               | 3             |                                 | 10 (4)        |
| Superfici calde                   | 1               | 1               | 1                                 | 1 (1)           | 1                                |                      | 1 (1)         | 3             | 1                               | 10 (2)        |
| Attrito meccanico                 | 3               |                 |                                   |                 |                                  |                      | 1             |               |                                 | 4             |
| Elettricità                       |                 |                 |                                   |                 |                                  |                      | 5             | 3             |                                 | 8             |
| Particelle calde                  | 1               |                 |                                   | 1               |                                  |                      | 1             |               |                                 | 3             |
| Scariche elettrostatiche          | 1               | 2               | 2                                 | 1               |                                  |                      |               |               |                                 | 6             |
| Fumare                            |                 |                 |                                   |                 |                                  |                      |               |               |                                 | 0             |
| Auto-combustione                  | 1               | 1               | 1                                 |                 | 2                                |                      | 1             | 1             |                                 | 7             |
| Sconosciuto                       | 9               | 4 (1)           | 5                                 | 3               | 1                                |                      | 4 (1)         | 7             | 5                               | 38            |
| <b>Totale</b>                     | <b>19 (2)</b>   | <b>8 (1)</b>    | <b>10 (1)</b>                     | <b>7 (2)</b>    | <b>4</b>                         | <b>2</b>             | <b>13 (2)</b> | <b>17</b>     | <b>6</b>                        | <b>86 (8)</b> |

N.B. Tra parentesi si riporta il numero di incidenti che hanno causato infortuni

Fonte: Cox *et al.*, 1990

**Tabella 1.9 - Indagine su incendi ed esplosioni. Incidenti in impianti ed attività con superfici aperte**

| <b>SORGENTI<br/>DI ACCENSIONE</b> | <b>FORNO DI<br/>EVAPORAZIONE<br/>SOLVENTI</b> | <b>CABINE DI<br/>VERNICIATURA</b> | <b>PICCOLI<br/>CONTENTORI</b> | <b>OPERAZIONI DI<br/>SGRASSAGGIO</b> | <b>SERBATOI<br/>MOBILI</b> | <b>ALTRO</b> | <b>TOTALE</b>   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|
| Fiamme/Lavori a fuoco             | 2 (1)                                         | 1                                 | 10 (6)                        | 4 (2)                                | 4 (3)                      | 8 (2)        | 29 (14)         |
| Superfici calde                   |                                               | 2 (1)                             | 2                             | 3                                    | 6 (5)                      | 7 (1)        | 20 (7)          |
| Attrito meccanico                 |                                               | 4 (1)                             |                               | 1                                    |                            | 6 (1)        | 11 (2)          |
| Elettricità                       | 2                                             | 2                                 | 4                             | 1                                    | 11 (4)                     | 9            | 29 (4)          |
| Particelle calde                  |                                               |                                   |                               |                                      |                            |              | 0               |
| Scariche elettrostatiche          |                                               | 2                                 | 3                             | 1                                    |                            | 4            | 10              |
| Fumare                            |                                               | 1                                 | 5 (4)                         | 3 (2)                                | 3 (1)                      | 5 (1)        | 17 (8)          |
| Auto-combustione                  |                                               |                                   |                               | 1                                    |                            | 1            | 2               |
| Sconosciuto                       |                                               | 3                                 | 7 (2)                         | 1                                    | 9 (4)                      | 1            | 21 (6)          |
| <b>Totale</b>                     | <b>4</b>                                      | <b>15</b>                         | <b>31</b>                     | <b>15</b>                            | <b>33</b>                  | <b>41</b>    | <b>139 (41)</b> |

N.B. Tra parentesi si riporta il numero di incidenti che hanno causato infortuni

Fonte: Cox *et al.*, 1990

---

*Estratto*

# Estratto da un prodotto in vendita su **ShopWKI**, il negozio online di Wolters Kluwer Italia

Vai alla scheda →

---

Wolters Kluwer opera nel mercato dell'editoria professionale, del software, della formazione e dei servizi con i marchi: IPSOA, CEDAM, Altalex, UTET Giuridica, il fisco.



Wolters Kluwer